

ТРИДЦАТЬ ТРИ ГОДА В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ: УСПЕХИ, РАЗНОГЛАСИЯ, КОНФЛИКТЫ

Вячеслав Фёдорович Рахманин,
Лауреат Государственной премии СССР, к.т.н.

(Продолжение. Начало в 4-6 - 2015, 1-6 - 2016, 1-4 - 2017)

СТЕНДОВАЯ ОТРАБОТКА ДВИГАТЕЛЯ 8Д716

Предпринятая Королёвым в ноябре 1959 г. попытка отстранить ОКБ-456 от разработки двигателя для ракеты Р-9А и связанная с этим работа комиссии под председательством К.Н. Руднева, не нарушили существующего порядка проведения работ по созданию новых ракет, который предусматривал выдачу заключения Управлением заказчика на представленные эскизные проекты. "Заключение 4-го Управления Начальника реактивного вооружения по эскизному проекту двигателя 8Д716" было подписано 25 ноября 1959 г., 15 декабря 1959 г. его утвердил генерал-майор НТС А.Г. Мрыкин, и 21 декабря оно было направлено в адрес В.П. Глушко, С.П. Королёва, зам. председателя ВПК Г.Н. Пашкова и зам. председателя ГКОТ Л.А. Гришина. "Заключение" изложено



А.Г. Мрыкин



Г.Н. Пашков



Л.А. Гришин

на 15 машинописных страницах и содержит весьма подробный анализ не только технических характеристик и конструкторских решений двигателя 8Д716, но и анализ состояния и перспектив развития отечественного ракетного двигателестроения. Объём журнальной статьи не позволяет изложить рассмотренные в "Заключении" многочисленные технические замечания и предложения. Однако одно замечание, на которое на первом этапе разработки двигателя не обратили должного внимания, следует привести: "По данным эскизного проекта изделия 8К75 (заметим - ракеты Р-9А, а не двигателя - В.Р.) для обеспечения повышенной боеготовности предполагается использование переохлаждённого кислорода. В эскизном проекте двигателя 8Д716 это не нашло отражения".

Что касается выводов, то ограничимся цитированием той их части, которая имеет отношение к оценке эскизного проекта предлагаемого к производству двигателя:

"1. Эскизный проект двигателя 8Д716, разработанный ОКБ-456 ГКОТ в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР, представлен в установленный Правительством срок и содержит, в основном, все необходимые материалы для оценки конструкции двигателя и его основных агрегатов.

2. Основные характеристики двигателя 8Д716, указанные в эскизном проекте, удовлетворяют ТТЗ на его разработку и проекту ТПТ на изделие 8К75. Однако достаточным экспериментальным материалом основные параметры и конструктивные решения не подтверждены.

Учитывая сжатые сроки разработки двигателя, ОКБ-456 необходимо значительно ускорить экспериментальную проверку требуемых по ТТЗ основных параметров и отработку схемных решений двигателя.

3. Двигатель 8Д716 является дальнейшим этапом в развитии мощных кислородных ЖРД и обладает по проектным данным более конструктивным совершенством, простотой конструкции, лучшими энергетическими, весовыми и эксплуатационными характеристиками, чем двигатель ракеты Р-7. [...]

4. Наряду с высокими проектными характеристиками двигателя, упрощением его конструкции и эксплуатации, при проектировании двигателя 8Д716, по нашему мнению, не в полной мере использованы реальные возможности повышения его конструктивного совершенства. [...]

В ходе дальнейшей отработки двигателя для изделия 8К75 особое внимание должно быть уделено обеспечению устойчивости режима рабочего процесса в камере сгорания.

Недостатки, указанные в настоящем заключении, должны быть устранены при отработке двигателя".

В вышеизложенных выводах дана положительная оценка представленному ЭП, что же касается замечаний и предложений, то, во-первых, это является обязательной частью таких заключений, а, во-вторых, если бы ОКБ-456 было предложено изложить свои взгляды на конструкцию перспективного мощного ЖРД, то к предложениям военного ведомства было бы добавлено ещё немало новых технических решений по конструкции ЖРД. Но в жизни нельзя отделять разработку новых конструкций от сроков их реализации в промышленности. И зачастую именно конечные жёсткие сроки сдачи в эксплуатацию боевого или космического ракетного комплекса сдерживали внедрение прогрессивных конструкторских решений.

Однако заключение составлено так, будто бы его авторам было не известно, что одним из основных доводов целесообразности разработки новой кислородной ракеты 8К75 явилось обязательство создать её с наименьшими временными и экономическими затратами. А возможность создания на таких условиях двигателей основывалась на максимальном использовании конструкторских решений и опыте разработки двигателей ракеты Р-7. В дополнение к этому, в деятельности участников разработки ракеты 8К75, особенно у головного разработчика ОКБ-1, просматривалась и неофициальная задача - не уступить в конкурентной гонке по срокам сдачи в эксплуатацию ракеты Р-16, разрабатываемой под руководством М.К. Янгеля в ОКБ-586.

Следует отметить, что даже в узких рамках ограничения внедрения новых технических решений, конструкторы ОКБ-456 взяли ответственность за разработку качественно нового двигателя, который не только соответствовал всем предъявленным к нему по ТТЗ требованиям, но и превышал по техническим характеристикам все существующие в мире на этот период времени ЖРД. Что же касается конкретных замечаний и предложений, изложенных в заключении 4-го Управления Начальника реактивного вооружения, то представители ОКБ-456 и военного ведомства провели их обсуждение.

Однако будем следовать хронологии событий. До обсуждения замечаний заказывающего управления МО, ОКБ-1 15 января 1960 г. направило письмо в ОКБ-456, в котором подтверждалось соответствие разработанного проекта двигателя 8Д716 требованиям технического задания и сделано всего лишь два замечания. Краткость заключения объясняется, видимо, тем, что практически все вопросы по двигателю были обсуждены в процессе работы комиссии К.Н. Руднева.

Первое замечание касалось несколько заниженного уровня удельного импульса тяги. Но Глушко уже ранее взял обязательство довести эту характеристику двигателя до требуемой величины: 274 с на Земле и 317 с в пустоте.

Второе замечание относилось к предложению ОКБ-456 использовать вместо керосина новое, более эффективное горючее НДМГ, которое по расчётам специалистов ОКБ-456 должно увеличить дальность действия ракеты Р-9А на 2000 км. Но по расчётам работников ОКБ-1 эта величина составляла лишь 200 км и, учитывая высокую стоимость промышленного производства и сложность эксплуатации НДМГ, ОКБ-1 посчитало нецелесообразным его использование в ракете Р-9А. Это был второй случай, когда руководство ОКБ-1 опротестовывало результаты расчётов дальности полёта ракеты, полученные в других ОКБ. И как показали последующие практические результаты, "прогнозы" ОКБ-1 не подтвердились. Ракета Р-16 на азотнокислотном окислителе вопреки расчётам ОКБ-1, обеспечивала межконтинентальную дальность, а применение НДМГ в паре с кислородом в двигателе 8Д710 обеспечило получение рекордного для открытых схем удельного импульса тяги в 352 с. Но оба раза оказавшиеся недостоверными результаты расчётов ОКБ-1 использовались руководством этого ОКБ для того, чтобы отклонить предлагаемый компонент топлива взамен кислорода или керосина.

Нарушенный письмом Королёва в Отдел ЦК КПСС сложившийся алгоритм рассмотрения эскизных проектов, а также работа комиссии К.Н. Руднева привели к вторичному рассмотрению в Министерстве обороны эскизных проектов альтернативных двигателей для ракеты Р-9А. В результате этого в конце января 1960 г. вышло новое "Заключение по двигателям 8Д716 (конструкции ОКБ-456 ГКОТ) и 8Д717 (конструкции ОКБ-276 ГКАТ) для изделия 8К75". В этом заключении ещё раз приведён анализ эскизных проектов теперь уже обоих двигателей, сравнение их рабочих параметров и технических характеристик, предлагаемых конструкторских решений и подведены итоги выполнения на момент выпуска заключения экспериментальных работ в ОКБ-456 и ОКБ-276, а также сделан прогноз завершения работ по каждому двигателю.

Поскольку это заключение окончательно определило выбор двигателя для первой ступени ракеты Р-9А, изложим его основные выводы:

2. Двигатель конструкции ОКБ-456, хотя несколько и уступает по своим характеристикам двигателю ОКБ-276, однако разрабатывается на основе уже проверенных на двигателях изделия Р-7 конструктивных решений, что даёт уверенность в возможности создания двигателя в заданные сжатые сроки с принятыми основными характеристиками. К настоящему времени в ОКБ-456 уже получены положительные результаты по отработке процесса горения в камере и ведётся экспериментальная отработка агрегатов автоматики.

3. Более сложная схема двигателя ОКБ-276, наличие в её основе принципиально новых, ещё не проверенных конструктивных решений, отсутствие опыта по созданию ЖРД, а также отсутствие собственной стендовой базы, потребует от ОКБ-276 значительно большего времени на разработку двигателя чем от ОКБ-456, и, по нашему мнению, приведёт к увеличению заданных Правительством сроков по созданию изделия 8К75 на 1 - 1,5 года.

4. Учитывая сжатые сроки отработки изделия 8К75 и технические трудности, которые могут встретиться в случае создания двигателей по замкнутой схеме, по нашему мнению, в первую очередь целесообразно отработать это изделие с двигателем ОКБ-456. Вопрос о применении на изделии 8К75 двигателей конструкции ОКБ-276 может быть решён после получения положительных ре-

зультатов огневых стендовых испытаний этого двигателя".

Это заключение после его утверждения 27 января 1960 г. генерал-майором А.Г. Мрыкиным рассмотрел зам. министра МО маршал артиллерии М.И. Неделин, который внимательно следил за выбором двигателя первой ступени ракеты Р-9А. Выводы заключения им были одобрены и 2 февраля он подписал сопроводительные письма для рассылки документов в соответствующие адреса. Подпись под сопроводительным письмом косвенно информировала адресата о согласии Неделина с выводами заключения МО.



М.И. Неделин

Все необходимые заключения по ЭП были выданы и получены разработчиками двигателей, пришло время для обсуждения и принятия согласованных решений по содержащимся замечаниям и предложениям.

Обсуждение представителями ОКБ-456 и ГУРВО замечаний и предложений военного ведомства на ЭП двигателя 8Д716 состоялось в конце марта 1960 г. и завершилось выпуском "Протокола рассмотрения "Заключения 4-го Управления ГУРВО МО по эскизному проекту двигателя 8Д716". Протокол составлен в форме изложения замечания или предложения из "Заключения" и согласованного решения участников совещания. Приведём два таких пункта "Протокола", имеющих принципиальное значение для разработчиков двигателя.

"Замечание: в проекте не нашло отражение использование переохлаждённого кислорода.

Результат обсуждения: проект двигателя соответствует ТЗ, в котором не предусматривается работа двигателя на переохлаждённом кислороде, температура кислорода на входе в двигатель составляет минус 183 °С. По имеющимся в ОКБ-456 сведениям, переохлаждение кислорода прорабатывается только применительно к его хранению.

Замечание: в двигателе 8Д716 не предусматривается дожигание турбогаза в основных камерах сгорания, что приводит к снижению удельной тяги.

Результаты обсуждения: ОКБ-456 приняло решение о создании двигателя без дожигания турбогаза и потерей удельной тяги на 1,8 % с целью обеспечения разработки двигателя в требуемые сжатые сроки; при значениях удельной тяги, согласованных в техническом задании на двигатель 8Д716, обеспечиваются ТТТ на изделии. Для вновь разрабатываемых двигателей ОКБ-456 приняло схему с дожиганием".

Упомянутый "Протокол рассмотрения..." после его утверждения в мае 1960 г. в ОКБ-456 и ГУРВО был разослан в адреса, получившие исходное "Заключение 4-го Управления ГУРВО МО..." - ОКБ-456, ОКБ-1, ВПК, ГКОТ.

У руководства ОКБ-1 этот протокол вызвал раздражение: в его выпуске было усмотрено ущемление эксклюзивных прав головного разработчика, претендующего на участие в решении всех технических вопросов, касающихся разработки ракетного комплекса. В июне 1960 г. зам. Главного конструктора ОКБ-1 Мишин направил в ГУРВО письмо с упреком, что совещание было проведено без участия ОКБ-1: "Техническое задание на разработку двигателя 8Д716 выдано ОКБ-1. Поэтому становится неясным, как 4-е Управление ГУРВО может решать вопросы о выполнении тех или иных пунктов технического задания без участия ОКБ-1".



В.П. Мишин

Получив упрек об игнорировании головного разработчика в обсуждении технических вопросов, изложенных в заключении Управления заказчика на эскизный проект по двигателю 8Д716,

командование ГУРВО в ответ на обвинение в сепаративной деятельности дало разъяснение в ответном письме: *"Относительно совместного протокола, составленного после рассмотрения заключения 4-го Управления ГУРВО, сообщаем, что в этом протоколе изложено фактическое состояние дел с реализацией замечаний 4-го Управления ГУРВО. Вопрос целесообразности выполнения тех или иных пунктов ТЗ ОКБ-1 на двигатель 8Д716 в протоколе не рассматривался"*.

Упоминание об этом по существу незначительном факте мне понадобилось для акцентирования внимания читателей на другом аспекте истории разработки ракеты Р-9А. Ни в этом письме, ни в ранее представленном в ОКБ-1 эскизном проекте двигателя 8Д716 ничего не сказано о необходимости отработки двигателя на переохлажденном кислороде. Более того, без возражения принято согласованное с Управлением заказчика мнение ОКБ-456, что в ТЗ на двигатель *"не предусматривается работа двигателя на переохлажденном кислороде"* и что использование такого *"прорабатывается только применительно к его хранению"*. В связи с этим есть все основания считать, что ОКБ-1 в этот период было согласно с изложенным пониманием ОКБ-456 об использовании переохлажденного кислорода. О том, как изменится отношение ОКБ-1 к принятой в ОКБ-456 методике отработки двигателя без использования переохлажденного кислорода, будет изложено позднее.

Разработка двигателя в ОКБ-456 началась практически сразу же после согласования 30 октября 1958 г. предварительных технических требований ОКБ-1. В концепцию разработки было положено условие максимального использования опыта, полученного при разработке двигателей для ракеты Р-7, а также имеющегося технологического оборудования и матчасти этих двигателей. Такой подход позволил начать отработку отдельных фрагментов конструкции и внутриводительных процессов до получения утвержденного ТЗ и выхода правительственного Постановления.

В январе 1959 г. состоялась первое огневое испытание двухкамерной экспериментальной сборки с "очковым" (без сопла) вариантом камеры и доработанным ТНА двигателя РД-107 от ракеты Р-7. Смесительная головка камеры была рассчитана на номинальные расходы компонентов топлива камеры двигателя 8Д716. Первые испытания таких экспериментальныхборок показали, что повышение давления в камере с 60 атм до 80 атм приводит к возникновению высокочастотных колебаний давления, разрушающих камеру сгорания. Дальнейшие попытки путём изменения перепадов давления и других гидравлических и конструкторских изменений двухкомпонентных форсунок не привели к устойчивому горению.

Вариант применения смесеобразования по типу камер двигателя РД-107 не оправдал возлагаемых на него надежд и пришлось, затратив несколько месяцев на бесплодные поиски устойчиво работающего варианта смесеобразования, перейти на принципиально другую схему - с однокомпонентными форсунками, которые после испытания нескольких вариантов смесеобразования показали устойчивое горение в "очковых" камерах двухкамерныхборок. Положительные результаты этих испытаний создали уверенность у конструкторов и руководителей ОКБ-456 в возможности достаточно быстро завершить отработку штатной конструкции двигателя 8Д716. Созданию атмосферы уверенности во многом способствовало успешное завершение для ОКБ-456 конфликтной ситуации с ОКБ-1 по выбору схемы и разработчика двигателя первой ступени ракеты Р-9А. Но дальнейшие события показали, что этот конфликт - только начало в длинной цепи преодоления как технических задач, так и организационных проблем на пути к успешному завершению разработки двигателя 8Д716.

10 мая 1960 г. состоялось первое огневое испытание двигателя 8Д716 в комплектации с четырьмя полноразмерными камерами с хорошо зарекомендовавшими себя при испытаниях "очковых"борок с крупными однокомпонентными форсунками. И окончилось оно преждевременно разрушением одной из камер из-за возникших ВЧ-колебаний давления на основном режиме работы. Второе испытание такого же двигателя завершилось так же аварийно. Обработка результатов испытаний показала, что зона неустойчи-

вой работы камеры лежит вблизи номинального режима. Два полноразмерных подряд аварийных исходов испытаний с выбранным ранее вариантом смесительной головки указывали на то, что отработку камеры по устойчивости горения на основном режиме в составе полноразмерного двигателя предстоит проводить заново.

Нельзя сказать, что аварийные результаты испытаний и сделанный на их основе вывод вызвал у конструкторов шок, это будет слишком сильное определение того состояния, в котором они находились. Точнее будет сказать, что они были в растерянности, их постигло глубокое разочарование. Уж очень сильна была уверенность в наличии отработанного варианта камеры.

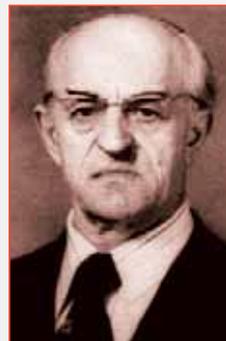
Не оправдал себя так удачно, казалось бы, найденный вариант предварительной отработки камер с использованием матчасти от двигателя предыдущей разработки. И всё-таки это было более правильное решение по сравнению с пассивным ожиданием изготовления двигателя штатной конструкции.

Дальнейшие поиски работоспособного варианта камеры велись практически теми же методами, что и при доводке двигателей ракеты Р-7: при различных уровнях перепадов давления на форсунках, с различными расходами на "завесу" от периферийных форсунок, при различных длинах цилиндрической части камеры. Такой подход к созданию вариантов смесительных головок - различные сочетания из указанных трёх переменных составляющих - дал основание местным остроловам провести сравнение нашей работы с известной манипуляцией пальцами, когда при комбинации из трёх пальцев получается шиш. Этим подчёркивалось, что все наши потуги разработать смесительную головку олицетворяются этой классической фигурой. Однако в нашей методике работы по созданию смесительной головки всё же имелся прогресс.

При испытаниях проверяемого варианта пытались установить границу неустойчивой работы, для чего на каждое испытание разрабатывалась своя индивидуальная программа ступенчатого набора давления в камере сгорания до номинального режима. Определённым таким образом режим начала возникновения развитых ВЧ-колебаний давления становился отправной точкой для выбора следующего варианта смесительной головки.

Особая сложность в отработке заключалась в том, что характеристики высокочастотной устойчивости проверяемых вариантов камер сгорания оказались слабо воспроизводимыми. Ряд вариантов, показавших при нескольких последовательно проведённых испытаниях высокую устойчивость на режимах вблизи номинального значения, при последующих испытаниях в составе тех же доводочных двигателей разрушался от ВЧ-колебаний давления на ранее устойчивом режиме работы. Это были наиболее трудные случаи в процессе доводки, т.к. каждый такой вариант вселял надежду, что нужно что-то чуть-чуть подправить и задача будет решена. Вот только никто не мог указать на это "что-то" и "чуть-чуть".

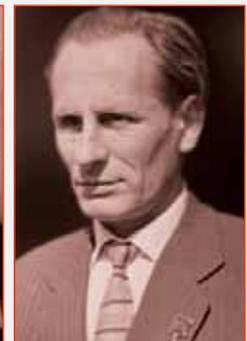
Время неумолимо бежало, срывались все сроки и рушились графики стендовой отработки двигателя. Повторение ранее проверенных на "очковых" камерах мер по устранению неустойчивости вызвало сомнение в эффективности выбранного плана доводочных работ. А доводка двигателя контролировалась не только военным представительством при ОКБ-456, но и специализирующимися в области ракетных двигателей работниками ОКБ-1 И.И. Райковым, Б.А. Соколовым, М.В. Мельниковым. Консультатив-



И.И. Райков



Б.А. Соколов



М.В. Мельников

ную помощь при обсуждении результатов испытаний и в разработке вариантов камер сгорания оказывали научные сотрудники НИИ-1 и НИИХИММАШ (НИИ-229).



А.П. Ваничев

В.П. Беляков

В совещаниях, проводящихся у В.П. Глушко по итогам цикла испытаний, принимали личное участие научные руководители этих институтов А.П. Ваничев и В.П. Беляков.

И хотя ни одна из предложенных научными сотрудниками НИИ рекомендаций не стала определяющей для окончатель-

ного варианта смесительной головки, их постоянная поддержка вселяла в нас уверенность в скорую возможность создания двигателя на заданные параметры.

На совещаниях, проходивших у руководства ОКБ, тщательно обсуждалось любое конкретное предложение для повышения устойчивости горения. В связи с недостаточным теоретическим исследованием природы появления неустойчивого горения топлива в камерах ЖРД, поиск работоспособной конструкции камеры шёл, к сожалению, практически "в слепую", предлагаемые варианты не имели достаточного научного обоснования, все доводы основывались на интуиции и собственном анализе результатов испытаний двигателей. На фоне наших обоснований предложения представителей НИИ отличались использованием научной терминологии, ссылками на опыт других КБ и на выводы собственных научно-технических отчётов. Практически все предложения НИИ принимались руководством ОКБ-456 без возражений, а вот между представителями институтов чувствовалось присутствие духа конкурентности, тогда это называлось духом соревновательности. Как убедительно, порой, звучали их доводы! А вот при испытаниях этих научно-обоснованных вариантов результаты были те же - разрушение камеры, если не на первом, то на втором-третьем испытании обязательно. Другие задачи выполняли представители ОКБ-1. Они появлялись после проведения нескольких огневых испытаний, записывали в блокноты параметры работы двигателя, конструктивные особенности испытываемого варианта смесительной головки, при этом расспрашивали о соотношении количества движения при соударении конусов распыла, о скоростных напорах истекающих из форсунок компонентов топлива, об изменении дисперсности распыла капель при разных перепадах давления на форсунках, которые называли "дискретными элементами смесеобразования", и прочих премудростях из области гидравлики и теории смесеобразования. Такие вопросы ставили в тупик наших конструкторов. Нельзя сказать, что мы совсем не пользовались научными основами при разработке вариантов смесительных головок, но до таких тонкостей не доходили.

Характер этих вопросов насторожил начальника бригады камер А.Д. Вебера. По всей видимости, он опасался, что такие или аналогичные вопросы могут быть заданы и ему представителями ОКБ-1 на совещании у В.П. Глушко. И он поручил мне через мои приятельские каналы узнать, как в ОКБ-1, в двигательном отделении у М.В. Мельникова, используют при проектировании камеры ЖРД все эти гидравлические премудрости. Почему такое поручение дано было мне? Дело в том, что в те годы я был профоргом бригады и как "лицо, приближённое к руководству", пользовался, видимо, особым доверием. Мой "агент" из ОКБ-1 рассказал, что после успешного запуска первого спутника многие руководители подразделений в ОКБ-1 без защиты диссертации стали докторами и кандидатами технических наук и теперь, общаясь с другими сотрудниками, стремятся соответствовать своим научным званиям. Особенно запомнился мне финал этой части нашей встречи. Мой приятель, будучи человеком, склонным к образному изложению своих мыслей, так заключил свой рассказ о свежеспечённых научных специалистах ОКБ-1: "Помнишь фильм "Свадьба" по А.П. Чехову? Там есть такая реплика в адрес телеграфиста: "Они свою учёность хо-

нут показать и поэтому говорят про непонятное". Кстати, ты не помнишь, кто играет этого телеграфиста?". Выяснением этого вопроса и ещё ряда других, не относящихся к классической русской литературе и кинематографу, мы продолжили нашу встречу.

Переданные на следующий день Веберу результаты моей "глубокой разведки" в ОКБ-1 его успокоили и даже рассмешили. И мы продолжали вести разработку новых вариантов смесеобразования без излишних премудростей, тем более, что никто не мог с требуемой достоверностью объяснить, какие именно величины гидравлических параметров дадут положительный результат.

Затянувшаяся череда аварийных испытаний двигателей 8Д716 особенно контрастировала с буквально триумфальными результатами испытаний азотнокислотных двигателей для янгелевских ракет Р-14 и Р-16, проводившихся в ОКБ-456 на соседнем стенде № 2. К середине 1960 г. практически была завершена доводка двигателей для первых ступеней этих ракет, изготовление двигателей уже началось на серийном заводе в Днепропетровске, в августе 1960 г. начались огневые испытания ступеней ракет Р-14 на стенде в НИИ-229.

Королёв очень ревностно относился к успешной отработке двигателей ракеты Р-16, конкурирующей с ракетой Р-9А. Он считал, что сложившаяся ситуация с доводкой двигателя 8Д716 является следствием недостаточного внимания со стороны Глушко к отработке этого двигателя и что этими работами занимается малокачественный инженерный состав ОКБ-456. Могу засвидетельствовать, что это не так. К работе над двигателем 8Д716 привлекался весь состав бригады камер и трудились мы добросовестно.

Энтузиазм в те годы среди работников ракетной промышленности был обычным, рядовым явлением. Никто не принуждал, не "мобилизовывал" конструкторов на вечерние работы. В ОКБ-456 рабочий день формально заканчивался в 17 часов 45 минут, однако многие продолжали свою работу за кулисами без последующих требований отгулов, а об оплате сверхурочных работ никогда не возникало даже разговоров. Нам нравилась наша работа, мы находили в ней удовольствие, ощущали своё самовыражение. Задерживающиеся москвичи заканчивали работать в 19 часов, когда к корпусу КБ подходил заводской автобус, который следовал до ближайшей в те годы станции метро "Сокол". Жители Химок задерживались и того дольше.

В среде отечественных специалистов в области ракетных двигателей на фоне непрерывно продолжающихся в ОКБ-456 аварийных испытаний появились даже сомнения в возможности создания мощного кислородно-керосинового двигателя. Факт успешной разработки двигателей РД-107 и РД-108 трактовался ими как исключительная случайность, которую развить и преумножить не представляется возможным. Сторонники использования высококипящего ракетного топлива стали поговаривать, а не вспомнить ли вариант ракеты Р-9В с азотной кислотой вместо кислорода, и что напрасно Министерство обороны уступило нажиму Королёва и согласилось на разработку боевой кислородной ракеты. Но ни Глушко, ни другие руководители ОКБ-456 не предлагали, как утверждают некоторые авторы мемуаров, перейти на другое топливо для ракеты Р-9А. Они упорно продолжали искать конструкцию работоспособного варианта кислородной камеры для двигателя 8Д716. Стремясь развеять сомнения в правильности принятия решения о разработке Р-9А, апологет применения кислородного топлива Королёв в доказательство правильности выбранного им направления дальнейшего развития ракетного вооружения и принятого решения о разработке ракеты Р-9А, ссылался на американский опыт создания и эксплуатации боевой ракеты "Титан-1", в которой в качестве окислителя использовался жидкий кислород, а горючего - американская вариация нашего керосина.

Но это были успехи специалистов ракетной техники США. У нас же пока успехов в отработке двигателя не было. Довольно точную характеристику положению дел с отработкой двигателя 8Д716 дал А.М. Исаев, главный конструктор двигательного ОКБ-2: (цитируется по книге Б.Е. Чертока "Ракеты и люди"): "Дело не в том, что Глушко не хочет. Он просто не может и не знает, как сделать устой-

чивым процесс на кислороде в камерах таких больших размеров. И я не знаю. И, по-моему, никто пока не понимает истинных причин появления высокой частоты".

И как бы в подтверждение заявления А.М. Исаева, что и он не знает, что делать для повышения устойчивости горения в камерах кислородно-керосинового двигателя, были получены отрицательные результаты испытаний двигателей 8Д716 с установленным в камерах металлическими перегородками ("крестами"), широко и успешно применяемые в ОКБ-2 для устранения ВЧ-колебаний давления в камерах двигателей, работающих, однако, на высококипящем топливе.

Не были безучастны к процессу отработки двигателя и офицеры военного представительства при ОКБ-456. Формально их задачей являлся контроль выполнения при разработке и изготовлении двигателей требований технического задания, нормативно-технической, конструкторской и технологической документации. Но военпреды, в большинстве своём выпускники Военно-инженерной академии им. Ф.Э. Дзержинского, являющиеся специалистами в области ракетной техники, наравне с конструкторами ОКБ-456 участвовали во всех совещаниях, практически все технические документы на изготовление и испытания двигателей согласовывались с военным представительством и его офицеры по праву считали себя участниками отработки двигателя. Предложения представителей других ОКБ и отраслевых НИИ вдохновили, видимо, и военпредов на разработку собственных вариантов камеры. Некоторые из них, по природе своей весьма деятельные натуры, активно вмешивались в процесс "лечения" камеры, на совещаниях настойчиво, а порой и безапелляционно предлагали свои варианты повышения устойчивости горения.

Обсудив в своём кругу состояние дел с отработкой двигателя, начальник военного представительства при ОКБ-456 инженер-подполковник Б.Я. Копылов в декабре 1960 г. направил В.П. Глушко письмо, в котором обобщил все известные на то время меры по устранению неустойчивого горения и предложил их включить в план экспериментальных работ по двигателю 8Д716. Получив письмо, Глушко сделал на нём запись: "Б.Я. Копылову. Я полагаю, Вам известно, что почти всё Вами рекомендованное уже реализуется в работе ОКБ-456!!". Каких-либо поручений по предложениям письма не последовало. Для исторической объективности следует указать - более точной была бы запись, что все предложения по обеспечению устойчивого горения уже обсуждались на совещаниях и были приняты в качестве резервных, т.к. уверенности в их эффективности не было даже у их авторов - работников других ОКБ и НИИ.

Принимались попытки оказать помощь в установлении причин затянувшейся череды аварийных исходов испытаний двигателей и режимные органы. В тайне от остальных сотрудников КБ представители этих органов приглашали для беседы некоторых конструкторов. О таких приглашениях участники бесед делились между собой спустя несколько лет. На беседах, если отбросить обязательную в таких случаях начальную "дымовую завесу" о патриотизме и ответственности каждого из нас за разработку оборонной техники, предлагалось ответить на вопросы типа: "Что Вы можете сказать о людях, разрабатывающих элементы двигателей, приводящих к аварийному исходу?". Или "Что нужно сделать, чтобы получить аварии, продолжающиеся столь долгий период?". Второй вопрос имел инвариантность: "Что бы Вы сделали, если бы Вам поручили организовать столь длительный период аварийных испытаний?". Ответы были тоже не очень оригинальны. "Над обеспечением работоспособности камеры работает большой коллектив конструкторов с привлечением научных сотрудников НИИ. Предполагаемое изменение конструкции подвергается обсуждению на совещаниях различного уровня, изготовление матчасти двигателя и подготовка его к испытаниям также ведётся коллективно и под контролем ОТК и военного представительства, так что при столь коллективной работе воздействие на конечный результат какого-либо злоумышленника практически невозможно. Отрицательные результаты серии испытаний связаны с отсутствием научно-обоснованных методик и рекомендаций по обеспечению устойчивого процесса горе-

ния топлива в камере ЖРД". Насколько удовлетворяли работников режимных органов такие результаты бесед, нам не было известно. Думаю, что они тоже не строили иллюзий решить таким путём проблему устранения аварийной работы камеры. Скорее всего, по линии обеспечения государственной безопасности тоже разрабатывались планы мероприятий и это был один из пунктов этих планов. Но каких-либо неприятностей для работников ОКБ-456 от службы безопасности в этот период отмечено не было.

Не могла остаться в стороне и парторганизация КБ. Начальника бригады камер А.Д. Вебера несколько раз заслушивали на партбюро, а в сентябре 1960 г., после окончания рабочего дня, в КБ было проведено открытое партийное собрание. Это, в общем-то, рядовое мероприятие осталось в памяти благодаря одному событию. Тема собрания была обозначена примерно так: "Организация работ в бригаде камер по двигателю 8Д716". Но, как водится в инженерной среде, все выступления вращались вокруг технической основы предмета собрания - конструкции камеры. Председательствующему приходилось практически каждому напоминать, что он на партийном собрании, а не на техническом совещании. После одного из выступлений с резкими выпадами в адрес конкретных работников бригады камер страсти разгорелись, начали припоминать неправильное, по мнению выступающих, поведение при принятии технических решений не только Вебером, но и другими работниками бригады и не только по двигателю 8Д716. И вдруг от волны акустического давления задрожали стёкла окон конструкторского корпуса, ворвавшийся вязкий гул заполнил всё помещение зала, где происходило собрание, у собравшихся заложило уши. В вечернем полумраке всё пространство за окнами озарилось неестественно белым, до голубого оттенка пульсирующим светом. Все участники собрания как по команде устремили свои взгляды на секундные стрелки часов. И так продолжалось долгие 50 секунд, пока работал на стенде, примерно в 800 метрах от конструкторского корпуса, доводочный двигатель 8Д716. Отключение, судя по продолжительности работы двигателя, прошло по программе, и все принялись поздравлять Вебера с успешным завершением ещё одного испытания.



А.Д. Вебер

Далее было не интересно: прочитали заранее подготовленный проект решения, приняли его за основу, внесли дополнения в свете выступлений и члены партии проголосовали в целом за это решение. Сейчас уже не помнится, что было в этом решении, но 50 секунд немой сцены под всепроникающий равномерный гул работающего двигателя хранятся в памяти вот уже 57 лет.

Поиски работоспособного варианта камеры продолжались, рождались новые надежды... Но вся совокупность проведённых стендовых испытаний не позволяла выбрать ни одного варианта камеры, пригодного для дальнейшей доводки. И в то же время полученный опыт не мог остаться бесполезным. Оработка камеры ЖРД - это, по существу, выполнение тематической научной работы. А в науке отрицательный результат - тоже результат. Только нужно уметь его использовать с пользой для проведения дальнейших исследований. Должен же сработать философский закон о переходе количества в качество. В нашем случае этот закон наконец-то сработал.

У меня сохранилась рабочая тетрадь с указаниями чертёжных обозначений всех разработанных и испытанных вариантов смесительных головок камер экспериментальных двигателей 8Д716. Их общее количество составляет 34 наименования. Последний из указанных вариантов стал штатной смесительной головкой. Этот вариант отличается от предыдущих измельчением чьеке смесиобразования, образованных однокомпонентными форсунками при "шахматной" схеме их установки. Такая организация смесиобразования хорошо увязывалась с широко обсуждаемой в то время гипотезой о первопричине возникновения ВЧ-колебаний давления, которая

казалась тогда достаточно убедительной. Суть её заключалась в следующем: при применении "крупных" однокомпонентных форсунок в подконусных зонах у огневого днища образовывались застойные объёмы, заполненные газом, обогащённым керосином. В случае попадания в одну из этих зон свободного кислорода происходило резкое выгорание смеси и возникший локальный импульс давления инициировал колебательный процесс во всём газовом объёме камеры сгорания. В доказательство правоты существования такого механизма возникновения ВЧ-колебаний давления приводилась статистика десятков аварийных испытаний, на которых практически независимо от величины соотношения компонентов топлива и других факторов колебания самопроизвольно возникали в любой момент работы камеры в интервале времени от 10 с до 97 с при продолжительности испытания двигателя 100 с.



Для измельчения ячеек смесеобразования было увеличено в 1,5 раза количество однокомпонентных форсунок (вместо 601 стало 993), одновременно уменьшен на 20 % расход горючего в периферийном ряду форсунок - в "газовую завесу" в пристеночном слое продуктов сгорания. Эти мероприятия обеспечили не только устойчивое горение в камере, но и повысили удельный импульс тяги до 319 с. Имея опыт проявления неустойчивого горения у некоторых предыдущих вариантов камер только на третьем-четвёртом испытании, были проведены подтверждающие, а затем "закрепляющие" вариант смесительной головки двенадцать подряд положительных результатов испытаний трёх двигателей. Эти испытания объективно показали, что по устойчивости и экономичности на номинальном режиме двигателя обеспечивают технические требования. Проблема работы двигателя на основном режиме была закрыта.

Одновременно с поисками варианта эффективного смесеобразования, обеспечивающего требуемую величину удельного импульса тяги и устойчивое горение, проводились поиски надёжного запуска двигателя. Начиная с первых согласований технических характеристик двигателя 8Д716, ОКБ-1 постоянно ставило перед ОКБ-456 требование отработки запуска двигателя с возможно меньшей продолжительностью предварительной ступени или вообще без неё. Предварительная ступень - это этап процесса запуска двигателя, при котором зажигание в камере происходит при подаче топлива под давлением столбов компонентов и наддува баков. Эта ступень запуска была предложена и внедрена при разработке двигателей ракеты Р-7. Она обеспечивала синхронизацию работы всех камер до подъёма ракеты из пускового устройства.

Отработка нового запуска в ОКБ-456 началась с первых же испытаний "очковых" сборок двухкамерных экспериментальных двигателей. Ко времени перехода к испытаниям экспериментальных четырёхкамерных двигателей в начале мая 1960 г. это требование получило дополнительное техническое обоснование: 30 мая 1960 г. вышло правительственное Постановление о боевой эксплуатации ракет Р-9А как с открытых позиций, так и из шахтных сооружений. В связи с этим необходимо было разработать универсальную схему запуска, учитывая особенности пуска ракет, как с наземного старта, так и из шахтного сооружения. В представлении работников ОКБ-1 новый запуск двигателя 8Д716 должен был сократить предстартовые расходы топлива, свести к минимуму продолжительность воздействия пламени на стартовое сооружение или шахтное оборудование, исключить необходимость создания системы эжекции, обеспечить максимальную скорострельность. А это накладывало особые требования. Американцы, например, свою кислородную ракету "Титан-1", находящуюся на боевом дежурстве в шахте, перед пуском поднимали на специальном лифте на уровень земли и только после этого осуществляли запуск двигателя.

Отработка запуска двигателя 8Д716 представляла собой решение двуединой задачи: обеспечение выхода на номинальный режим в заданное время и отсутствие в этот период ВЧ-колебаний давления. Поиски новой циклограммы подачи команд на агрегаты двигателя, обеспечивающей расчетный градиент набора давления в камере, осложнялись отсутствием предварительной ступени, во время которой подавались команды на агрегаты, участвующие в запуске двигателя. На процесс запуска оказывали влияние величина газопроизводительности пиростартера для запуска турбины, градиент набора оборотов ТНА, момент зажигания топлива в газогенераторе, время опережения подачи в камеру окислителя, момент воспламенения топлива в камере от порохового зажигательного устройства. И если при наличии предварительной ступени продолжительностью 3-3,2 с можно было варьировать временами срабатывания агрегатов и устройств, участвующих в запуске, то при сокращении продолжительности этой ступени до 0,15-0,3 с такая возможность практически исключалась. Такой запуск имел "пушечный" характер.

Что же касалось возникновения ВЧ-колебаний давления, то их проявление связывалось с организацией первичного смесеобразования в момент зажигания топлива и, как неожиданно выяснилось в процессе экспериментальных работ, со скоростью набора оборотов ТНА и особенностью течения окислителя в трубопроводах при его подаче в камеру.

Не имея сегодняшних возможностей математического моделирования процессов запуска и точных приборов для фиксации динамики изменения параметров, конструкторы того времени использовали свою интуицию, собственное представление о динамике происходящих процессов и опирались на результаты многочисленных специально проводимых экспериментальных огневых испытаний двигателей на режиме запуска продолжительностью 3-3,5 с.

Шёл процесс познания, практические потребности техники опережали научно-теоретические знания. Все, что сейчас является предметом изложения в учебниках и пособиях по проектированию и стендовой отработке ЖРД, тогда познавалось на практике путём проб и ошибок.

Полученные в сентябре-октябре 1960 г. положительные результаты серии стендовых испытаний двигателей поставили перед их разработчиками злободневный вопрос - годится ли такой двигатель для проведения дальнейших работ в составе ракеты или требуется продолжение его стендовой отработки? Вся предыдущая статистика отработки двигателей указывала на необходимость острой оценки полученных положительных результатов. Нужна была более широкая проверка работоспособности двигателя во всём диапазоне изменения внешних факторов, заданных в ТЗ головного разработчика. Но на календаре был октябрь 1960 г., а установленный правительственным Постановлением срок начала поставки двигателей в ОКБ-1 для сборки ракет 8К75 для проведения их наземных огневых совместных испытаний (ОСИ) в составе ступени на стенде НИИ-229 в Загорске - июнь-июль 1960 г.

ОСИ являются важным этапом в отработке ракетной техники. Цель их проведения - комплексная проверка работы всех систем двигательной установки (ДУ) в составе ракетной ступени. При составлении графика отработки ракеты предполагается, что для сборки ступени ракеты для проведения ОСИ все ракетные системы поставляются после успешного завершения автономной отработки.

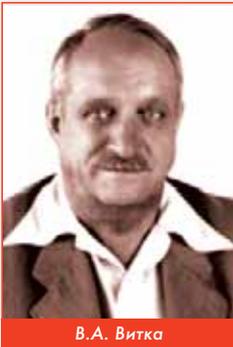
Мне не известна степень отработанности на конец октября 1960 г. других ракетных систем, что же касается двигателя, то он в большой мере продолжал быть ещё "вещью в себе". Это понимали двигателисты, должны были понимать и в ОКБ-1. Но сроки! Опять стала известна дилемма: хорошо или вовремя? Выбор варианта решения этой дилеммы обычно зависит от многих входящих в неё условий и факторов. В истории человеческого общества имеются примеры, подтверждающие правильность выбора любого из рассматриваемых вариантов.

В создавшемся положении Глушко обратился к Королёву с предложением отодвинуть начало проведения ОСИ на более поздние сроки. Но Королёв возразил: "На сколько нужно отодвинуть

сроки? На месяц? Два? И что, за это время двигатели станут более надёжными? Они хоть изредка и "чихают", но в большинстве своём всё-таки работают. А мне нужно проверить другие системы, о работе которых и представления ещё не имеется. Да и сроки поджимают, нужно не отодвигать совместные испытания, а ускорять работы".

Было и ещё одно обстоятельство для ускорения проведения ОСИ и последующего выхода на ЛКИ. В необъявленном соревновании на более раннюю поставку ракеты Р-9А по сравнению с янгелевской Р-16 появился дополнительный шанс. После трагической попытки 24 октября 1960 г. первого пуска ракеты Р-16 наступила пауза. Расследование и устранение причин аварии, унесшей десятки человеческих жизней, подтверждение правильности принятых конструктивных мер, преодоление, наконец, психологического барьера для принятия решения о продолжении ЛКИ ракет Р-16 - всё это займёт неопределённое время и его можно и нужно было использовать с максимальной эффективностью. Как это часто бывало при отработке и эксплуатации ракетной техники, необходимость решения поставленной задачи превалировала над используемыми средствами достижения цели.

Не получив согласия у ОКБ-1 на отсрочку доставки двигателей для ОСИ, в ОКБ-456 были проведены КТИ трёх двигателей и они вместе с сопроводительной технической документацией были отправлены в ОКБ-1. При оформлении сопроводительной документации на поставляемые двигатели возникли разногласия с военным представительством при ОКБ-456. Военные посчитали двигатель недостаточно отработанным для начала ОСИ и не подписали формуляры двигателей. В этой обстановке руководство ОКБ-456 пошло на крайнюю меру - и.о. главного конструктора В.А. Витка воспользовался правом второй подписи, "закрывающей" отсутствие других необходимых подписей в формуляре двигателя.



В.А. Витка

Однако такой вариант решения поставки двигателя был опротестован военным представительством при ОКБ-456, которое направило в конце октября 1960 г. письмо Председателю комиссии по проведению стендовых испытаний блока "А" ракеты 8К75 с отрицательным заключением об использовании этих двигателей. В письме достаточно подробно изложены недоработки двигателя 8Д716, мы же ограничимся только приведением нескольких фрагментов письма.

"В настоящее время Опытный завод ОКБ-456 начал изготовление двигателей 8Д716 для товарных поставок. Однако по состоянию отработки данный двигатель ещё не обладает требуемой надёжностью, а всесторонняя его проверка не завершена. Имеющаяся статистика огневых испытаний свидетельствует о ряде серьёзных недостатков данного двигателя.

Из общего числа 26 испытаний только 8 прошли без дефектов. Конструкция камер сгорания, принятая для товарных двигателей, проверена только на 7 двигателях, из которых на 2-х разрушились камеры из-за возникновения неустойчивости рабочего процесса. Необходимо отметить также, что причины возникновения высокочастотных пульсаций давления в камере сгорания и факторы, влияющие на эти пульсации, в настоящее время не выяснены.

Кроме того, двигатели 8Д716 выдают тягу ниже заданной по ТТЗ на 2 %.

При данном состоянии отработки двигателя 8Д716 военное представительство считает нецелесообразным вести приёмку двигателей 8Д716 для комплектации изделий".

Получив такое заключение, комиссия по проведению ОСИ блока "А" приняла решение воздержаться от испытаний двигателя, не принятых представительством заказчика при ОКБ-456, и возвратить их изготовителю. Для снятия разногласий между ОКБ-456 и военным представительством было предложено провести повторные КТИ этих двигателей и по их результатам принять окончательное согласованное решение. Двигателистам ОКБ-456

не повезло - сработало правило: "Покупатель (в данном случае заказчик) всегда прав!". Из трёх повторно испытанных двигателей в двух возникли ВЧ-колебания давления и камеры разрушились. Пришлось отложить поставку двигателей для проведения ОСИ, интенсивно набирать статистику успешных испытаний с новым вариантом камеры. В декабре 1960 г. новые двигатели для установки в блоки "А" ракет 8К75 были изготовлены, на этот раз военное представительство согласовало их отправку для огневых испытаний блока "А" изделия 8К75.

Первое ОСИ состоялось 20 февраля 1961 г., проводилось оно на кипящем кислороде при температуре на входе в двигатель минус 176 °С. Испытание прошло успешно, по его результатам был выпущен технический отчёт, в выводах которого указано: *"Все системы двигательной установки функционировали нормально, выявленные отдельные замечания подлежат анализу и устранению. Двигатель обеспечил работу на расчётном режиме, все параметры и характеристики соответствуют требованиям основных характеристик ТУ-ОХ".*

В соответствии с основной программой проведения ОСИ блока "А" в НИИ-229 второе испытание должно стать повторением первого. Однако ОКБ-1, неожиданно для ОКБ-456, предложило провести его на переохлаждённом кислороде.

Такое требование ОКБ-1 для руководителей ОКБ-456 прозвучало тревожным сигналом к началу стремительно развивающихся событий. Для лучшего понимания этой части истории отработки двигателя 8Д716 целесообразно вернуться к истокам предложения использовать в ракетной технике переохлаждённый кислород.

В 1959 г. Главные конструкторы, потенциальные участники разработки новой кислородной ракеты Р-9, обратились в правительство СССР с предложением дальнейшего совершенствования технологии производства, транспортировки и хранения жидкого кислорода. Это обращение стало основой для выпуска 16 ноября 1960 г. правительственного Постановления, которым ряду Министерств и Госкомитетов было дано поручение развернуть НИР и ОКР для совершенствования работ с криогенными жидкостями. Особое внимание обращалось на выполнение НИР по изучению свойств новых для того времени компонентов топлива, таких как жидкие водород, фтор, аммиак, переохлаждённый кислород и на создание промышленной базы для дальнейшего их использования в ракетной технике. Некоторые требования этого Постановления приказом по ГКОТ от 3 декабря 1960 г. были доведены до ОКБ-456, которому наряду с другими работами поручалось провести в первом квартале 1962 г. строительно-монтажные работы для получения переохлаждённого кислорода. Однако на эту строку приказа руководство ОКБ-456 не обратило должного внимания.

Объяснить такое отношение к документам государственного уровня у ответственных руководителей ОКБ-456 можно только их глубоким убеждением, что переохлаждение кислорода требуется только для сокращения потерь на испарение в процессе длительного хранения и при заправке баков ракеты перед пуском. А в двигатель жидкий кислород будет поступать с температурой, указанной в техническом задании ОКБ-1, т.е. минус 183 °С. Такое понимание использования переохлаждённого кислорода в ракете 8К75 руководители ОКБ-456 неоднократно излагали в письмах, адресуемых в ОКБ-1, ГКОТ и Гурво.

Это же подтверждается письмом зам. Главного конструктора ОКБ-456 В.И. Курбатова в Главное управление ГКОТ 14 февраля 1961 г.: *"Учитывая усложнение кислородных установок и стенда, связанное с переходом на переохлаждённый кислород, ОКБ-456 предлагает всю отработку двигателей проводить на обычном кислороде.*

Проверку работоспособности отработанных двигателей на переохлаждённом кислороде целесообразнее всего провести в НИИ-229, в котором по упомянутому приказу (от 3 декабря 1960 г. - В.Р.) должна быть создана экспериментальная база с соответствующим лабораторно-стендовым комплексом".

Характерно, что это письмо написано и подписано Курбатовым без каких-либо согласующих виз работников ОКБ. Чтобы вот

так, единолично, принять принципиальное решение об отказе проведения работ для получения переохлаждённого кислорода, предписываемых, кстати, вышестоящей организацией, нужна большая уверенность в собственной правоте. На чём же она основывалась?

В ноябре 2003 г., до смерти Курбатова в январе 2004 г., я встречался с ним в московской квартире и среди ряда вопросов по истории НПО Энергомаш спросил и об отработке двигателя 8Д716, включая организацию работ по получению переохлаждённого кислорода в ОКБ-456. Для восстановления в памяти событий более чем 40-летней давности я захватил с собой ксерокопии некоторых документов, относящихся к этому делу. И, видимо, напрасно, т.к. наша беседа приобрела другой характер. Владимир Иванович после внимательного прочтения документов как-то замкнулся, его взгляд устремился куда-то в пространство. Казалось, что мысленно он переместился в те далёкие годы... Беседа наша продолжилась, но его рассказ стал более сухой, без подробностей, хотя на все вопросы он ответил.

Систематизированные воспоминания Курбатова предлагают читателю в тезисной форме изложения:

- начиная с первых упоминаний об использовании переохлаждённого кислорода на ракете Р-9А всегда и всеми в ОКБ-456 понималось его необходимость только для снижения потерь на испарение в процессе хранения и при заправке баков;

- в техническом задании указана температура жидкого кислорода на входе в двигатель, она составляет минус 183 °С, что соответствует точке кипения кислорода при давлении одна атмосфера;

- не располагая информацией о технических возможностях получения переохлаждённого кислорода, испытателям ОКБ-456 представлялось, что для дополнительного охлаждения кислорода потребуются применение нового хладагента и оборудования стендовых баков и кислородных магистралей дополнительной теплоизоляцией, что в связи с необходимостью проведения серьёзных технических изменений приведёт к остановке стенда в разгар отработки двигателя;

- по химическим константам переохлаждённый кислород отличается от кипящего только удельным весом, что не должно было сказаться на процессах горения в камере и газогенераторе. Подтверждение этому нужно было получить при нескольких испытаниях окончательно доведённого двигателя, которые следовало провести на стенде в НИИ-229. Поскольку в перспективе в ОКБ-456 предполагалось разрабатывать только азотнокислотные двигатели, перестраивать стендовые системы из-за проведения нескольких испытаний было нецелесообразно;

- по правительственному Постановлению и приказу Комитета переоборудование стендов в ОКБ-456 намечалось на 1 квартал 1962 г., а в начале 1961 г. все считали, что к этому времени вся наземная отработка двигателей должна быть завершена. Никто и представить не мог, что А.Д. Дарон с А.Д. Вебером так долго будут возиться с этим двигателем.

Вернёмся и мы в начало 1961 г.

Первые установки для получения переохлаждённого кислорода были смонтированы в НИИ-229 для проведения ОСИ первой ступени ракеты Р-9А. Перед началом этих испытаний специалисты ОКБ-1 приступили к детальному исследованию изменения температуры кислорода в баках ракеты после их заправки и в заполняемых магистралах двигательной установки. В ТЗ заказчика указывалось, что переохлаждённый кислород заправляется в баки ракеты, дальнейшее изменение его температуры по магистралям двигательной установки было зоной ответственности разработчиков ракеты.

Конструкторские подразделения ОКБ-1 при выдаче в 1959 г. технического задания (ТЗ) на двигатель 8Д716, видимо, по аналогии с предыдущими ТЗ на кислородные двигатели, назначили температуру на входе в двигатель минус 183 °С, что нашло своё отражение



В.И. Курбатов

в согласованном ОКБ-1 двигательном ТУ-ОХ (технические условия, содержащие основные характеристики из технического задания, выданного ОКБ-1 на двигатель - В.Р.). Эти документы были утверждены либо согласованы лично Королёвым и, как неоднократно на это обращалось внимание читателя, указанная в ТЗ температура окислителя не вызвала сомнения в ОКБ-1 на всём протяжении работ с двигателем в ОКБ-456.

Но при подготовке проведения ОСИ первой ступени ракеты Р-9А специалисты по эксплуатации ракет в ОКБ-1 пришли к выводу, что при использовании переохлаждённого кислорода температура на входе в двигатель перед запуском будет ниже, чем это указано в ТЗ, что должно быть реализовано в процессе стендовой отработки двигателей. Это обстоятельство послужило основанием Королёву 13 февраля 1961 г. обратиться к Глушко с письмом, в котором впервые были выдвинуты требования обеспечения работоспособности двигателя на переохлаждённом кислороде: *"В настоящее время ОКБ-456 отработывает двигатель 8Д716 для изделия 8К75 на кислороде с обычной температурой (Т минус 183 °С).*

Согласно справке, направленной в Совет Министров СССР "Основные данные по ракете 9-А", подписанной главными конструкторами 31 августа 1959 года, в изделии 8К75 "жидкий кислород применяется в переохлаждённом состоянии, что даёт существенные эксплуатационные преимущества: позволяет производить заправку в течение 6 минут и этим обеспечивает боеготовность изделия в течение 15 минут.

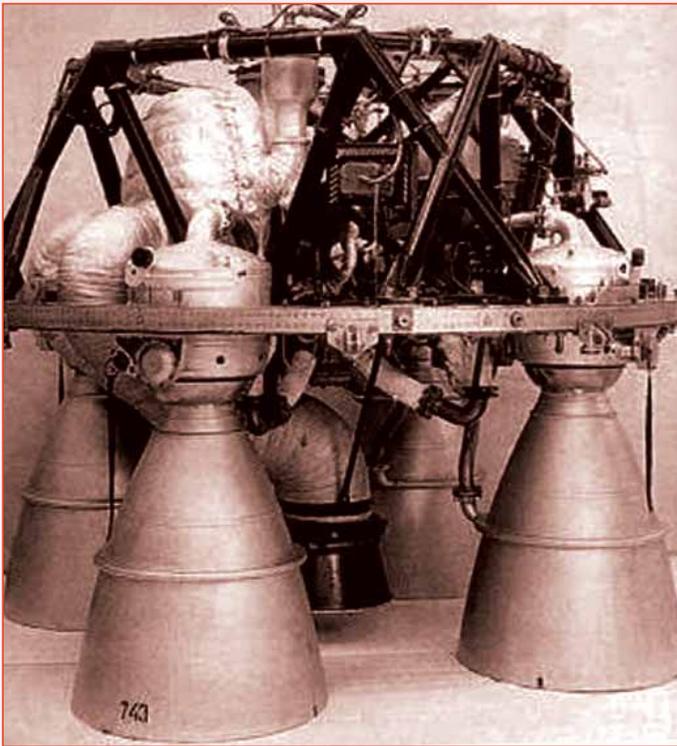
ОКБ-1 считает необходимым напомнить ОКБ-456 о том, что изделие 8К75 разрабатывается с применением в нём переохлаждённого кислорода. На первом этапе работы температура жидкого кислорода в изделии будет минус 189...минус 183 °С. В последующем возможно переохладение жидкого кислорода до минус 203 °С.

В связи с применением на изделии 8К75 переохлаждённого кислорода, прошу Вас провести отработку двигателя 8Д716 также и на переохлаждённом кислороде и внести в ТУ-ОХ соответствующие коррективы о надёжной работе двигателя на жидком кислороде с температурой до минус 189 °С".

Содержание письма вызывает ряд вопросов. Во-первых, как и насколько точно были определены указанные температуры? Ведь оборудования для переохладения кислорода в начале 1961 г. в ОКБ-1 ещё не было и поэтому никакой экспериментальной заправки переохлаждённого кислорода в баки, как и фактического определения его температуры при этой операции быть не могло, а определение расчётным или, как в данном случае, экспертным путём неизбежно приводит к существенным погрешностям. Кроме того, в ТЗ ОКБ-1 на разработку двигателя 8Д716 указана температура окислителя минус 183 °С на входе в двигатель. Эту температуру двигателисты использовали при отработке запуска двигателя, а в письме указывается *"температура жидкого кислорода в изделии"*, что позволяет понимать это как температуру в баке ракеты.

Во-вторых, вызывает недоумение попытка задания новых технических требований к работе двигателя не изменением собственного технического задания, выданного в апреле 1959 г., а предложением уточнить в феврале 1961 г. документ из комплекта конструкторской документации на двигатель, разработанный конструкторами ОКБ-456 на основе требований ТЗ ОКБ-1. Предложенная схема проведения изменения одного из основных параметров является скрытой попыткой переложить ответственность за неправильное, судя по содержанию письма, назначение температуры окислителя с ОКБ-1 на ОКБ-456. Изменение параметров работы двигателя, указанных в ТУ-ОХ, ОКБ-456 могло провести только выпуском ведомости изменения. Уловка Королёва, судя по "разметке" автора письма, заключалась в том, чтобы Глушко стал инициатором изменения параметра работы двигателя без (или до) изменения ТЗ ОКБ-1. Поскольку изменения ТУ-ОХ проходят обязательное согласование с ОКБ-1 и, главное в данном случае, у заказчика, то, кто меняет свой документ, тот и виноват. Не любил Королёв признавать свои ошибки, очень не любил.

Письмо Королёва, хотя и написано в сдержанной форме, но имеет обвинительный характер. Однако, судя по ответу, это не про-



Четырехкамерный ЖРД РД-111 (8Д716) первой ступени ракеты Р-9А

извело впечатления на руководство ОКБ-456. 17 февраля 1961 г. в ОКБ-1 было направлено письмо, подписанное Глушко (приводится с сокращениями): "ОКБ-456 обращает внимание на то, что двигатель 8Д716 разработан для изделия 8К75 без учёта использования переохлаждённого кислорода, поэтому необходима специальная проверка его работоспособности на переохлаждённом кислороде в стендовых условиях."

Кислородные установки ОКБ-456 не приспособлены для выработки переохлаждённого кислорода, а стенд №1 ОКБ-456 не приспособлен для работы с ним. В связи с изложенным проверку работоспособности двигателя 8Д716 на переохлаждённом кислороде по мнению ОКБ-456 целесообразно провести на стенде №5 НИИ-229 ГКОТ, где имеются возможности получения переохлаждённого кислорода".

Реакции на это письмо со стороны ОКБ-1 сразу же не последовало. Было не до переписки, подошло время проведения ОСИ в НИИ-229. Первое ОСИ, как уже указано, было проведено 20 фев-

ря 1961 г. на кипящем кислороде. По ранее согласованной программе второе ОСИ должно было стать повторением первого. Но, основываясь на полученных успешных результатах, ОКБ-1 решило несколько сократить программу проведения ОСИ и следующее испытание блока "А" провести на переохлаждённом кислороде, о чём и сообщило в ОКБ-456 2 марта 1961 г. телеграммой с просьбой "подтвердить согласие очередных испытаний ступени 8К75 в НИИ-229 на переохлаждённом кислороде". Вообще-то это предложение вписывалось в избранную ОКБ-456 методику подтверждения работоспособности двигателей, отработанных на кипящем кислороде, но... поскольку к этому времени в ОКБ-456 опыта автономной работы двигателя 8Д716 на переохлаждённом кислороде не было, решено было проявить осторожность и в ответной телеграмме, подписанной Глушко в тот же день, сообщалось: "В ответ на Вашу телеграмму сообщаем о желательности проведения испытаний двигателя 8Д716 на переохлаждённом кислороде прежде на стенде №5 НИИ-229, т.к. испытание в составе ступени составляет риск первого пуска в изменённых условиях. Если бы не было возможности испытания на стенде №5, то следовало бы рассмотреть вопрос о допустимости испытания сразу же на изделии 8К75 при условии охлаждения не более 4 °С ниже точки кипения кислорода для первого испытания". Ответ получился уж очень "дипломатичным". И возражения вроде бы нет, но и согласие обставлено дополнительными условиями.

Проигнорировав предложение ОКБ-456 о проведении предварительного автономного испытания двигателя 8Д716 на стенде №5 НИИ-229 с переохлаждённым кислородом, ОКБ-1 воспользовалось согласием с проведением ОСИ блока "А" с температурным ограничением переохлаждённого кислорода.

Второе ОСИ "А" состоялось 14 марта 1961 г. В отличие от первого ОСИ температура на входе в двигатель составляла минус 186 °С. Двигатель отработал без замечаний, выводы о результатах испытания практически совпадали с выводами отчёта о первом ОСИ. От проведения испытаний двух оставшихся из четырёх запланированных для ОСИ блоков "А" было решено воздержаться и готовить ракету 8К75 для проведения первого лётно-конструкторского испытания (ЛКИ).

Отчёт о втором ОСИ стал одним из последних документов, представленных в Госкомиссию по проведению ЛКИ ракет 8К75, формально "закрывающих" перечень обязательных работ перед началом проведения ЛКИ. Но программа проведения ЛКИ предусматривала испытания на переохлаждённом кислороде, а ряд технических вопросов по его использованию ещё не был решён. □

(Продолжение следует.)

ИНФОРМАЦИЯ

Представители компании ARCA Space Corporation объявили, что ее специалисты закончили разработку и начали проведение начальных тестов нового клиновоздушного ракетного двигателя (linear aerospike engine), который уже установлен на небольшой экспериментальной ракете Demonstrator 3. Такие двигатели должны стать основой первой в мире системы запуска, в которой для вывода груза на околоземную орбиту будет использоваться одноступенчатая ракета. До сих пор в основном для запуска полезной нагрузки используются двухступенчатые ракеты-носители. Такой метод используется из-за того, что двигатели первой ступени рассчитаны на наимышшую эффективность работы в плотной атмосфере, а двигатели второй ступени рассчитаны на работу в разреженном воздухе и в условиях космоса.

Клиновоздушный ракетный двигатель

отличается от других двигателей тем, что он формирует из выхлопных струй ракетного двигателя два независимых потока и снова совмещает эти потоки в один поток, имеющий коническую форму. В этом случае окружающий воздух выступает в роли конического раструба сопла обычного ракетного двигателя. И, по мере подъема ракеты на большую высоту, что сопровождается снижением плотности воздуха, этот "виртуальный" воздушный раструб двигателя как бы увеличивается в размерах. Это позволяет двигателю адаптироваться к изменяющимся условиям полета.

Опытный образец клиновоздушного ракетного двигателя ARCA использует в качестве топлива смесь из 70 % пероксида водорода, смешанного с авиационным керосином RP-1. Двигатель развивает тягу 4,2 тс на уровне моря.

После завершения наземных испыта-

ний ракета Demonstrator 3 будет запущена с космодрома Spaceport America, расположенном в штате Нью-Мексико. Эта ракета совершит суборбитальный полет, поднявшись на высоту в 120 км.

Конечная цель компании ARCA - разработка полностью рабочего варианта двигателя Naas 2CA SSTO, который будет установлен на ракете, запуск которой будет произведен в 2018 г. с космодрома NASA Wallops Flight Facility. Стоимость запуска одного небольшого спутника с помощью таких одноступенчатых ракет-носителей будет менее \$1 млн. □

